Ueber die

Bestimmung der spezifischen Leitungsfähigkeit von Metallen in Cylinderform nach der Dämpfungsmethode.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

hohen philosophischen Fakultät der Universität

Erlangen

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Gottfried Mayrhofer

k. Reallehrer in München.

München.
Druck von Carl Gerber.
1890.

Ueber die

Bestimmung der spezifischen Leitungsfähigkeit von Metallen in Cylinderform nach der Dämpfungsmethode.

Inaugural-Dissertation

verfasst und der

hohen philosophischen Fakultät der Universität

Erlangen

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Gottfried Mayrhofer

k. Reallehrer in München.

München.

Druck von Carl Gerber.

1890.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Einleitung 3

II. Theoretisches 4

III. Die Anordnung der Versuche 7

IV. Versuchsresultate 10

V. Reduction auf 0^0 19

VI. Aenderung der Leitungsfähigkeit 22

VII. Schluss 27

I.

Einleitung.

Schon vor einigen Jahren konstruierte Herr Privatdozent Dr. M. Th. Edelmann einen Apparat, der die Bestimmung der elektrischen Leitungsfähigkeit von Metallen in massiven Stücken aus der von diesen auf einen schwingenden Magnet ausgeübten Dämpfung ermöglichen sollte, und liess ihn in seiner mechanischen Werkstätte herstellen. Dabei war er in erster Linie darauf bedacht, den Metallstücken eine Gestalt zu geben, in die alle Metalle ohne besondere mechanische Schwierigkeiten gebracht werden können, und wählte deshalb die Cylinderform, die nächst dem Gusse nur ein Abdrehen erfordert.

Diese Gestalt hat noch den weiteren Vorzug, dass sie bei Zuhilfenahme eines dünnwandigen Hohlcylinders, dessen innere Dimensionen mit denen der massiven Cylinder genau übereinstimmen, ein Mittel bietet, flüssige Metalle, wie Quecksilber und seine Amalgame, direkt mit jenen zu vergleichen, vorausgesetzt, dass diese Metalle wegen der durch ihre geringe Leitungsfähigkeit bedingten schwachen Dämpfung überhaupt in Betracht kommen können.

Eisen und stark magnetisierbare Metalle sind allerdings von vorneherein ausgeschlossen, da solche Metalle wegen der in ihnen induzierten Magnetpole stärker dämpfen, als andere von gleicher Leitungsfähigkeit.*) Ob schwach magnetisierbare Cylinder, oder solche, die Spuren von Eisen enthalten, zu wesentlich falschen Resultaten führen, lässt sich nicht von vorneherein entscheiden, ist aber nicht zu erwarten.

Die Prüfung dieses mir von Herrn Dr. Edelmann freundlichst zur Verfügung gestellten Apparates auf seine Brauchbarkeit für den genannten Zweck bildet den Inhalt der folgenden Abhandlung.

---

*) E. Warburg, Magnetische Untersuchungen, Wiedem., Ann Bd. 13, S. 159.

Die Versuche wurden im physikalischen Institute der hiesigen k. technischen Hochschule angestellt, und ich betrachte es als eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Sohncke, der mir dazu Gelegenheit gab und mich jederzeit mit seinem bewährten Rate unterstützte, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

II.
Theoretisches.

Meinen Versuchen legte ich folgende Betrachtungen zu grunde:

Schwingt ein an einem Faden aufgehängter Magnet in der Nähe einer Metallmasse, so treten seiner Bewegung hindernd in den Weg:

a) die Torsionskraft des Fadens,

b) der Widerstand der Luft und

c) die durch die Induktion des Magnets von dem Metalle bewirkte Dämpfung.

Bezeichnet:

$\frac{d\varphi}{dt}$ die Geschwindigkeit,

M das magnetische Moment,

K das Trägheitsmoment,

H die Horizontalintensität des Erdmagnetismus,

D die Torsionskraft des Fadens,

$A\frac{d\varphi}{dt}$ den der Geschwindigkeit proportional angenommenen Luftwiderstand,

$\Pi\frac{d\varphi}{dt}$ die der Geschwindigkeit proportional angenommene Dämpfung,

also Π die Dämpfungskonstante, so ist die Bewegungsgleichung*) des Magnets:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{A+\Pi}{K}\frac{d\varphi}{dt} + \frac{MH+D}{K}\cdot\varphi = 0$$

Durch Auflösen dieser Gleichung und Bestimmen der Konstanten ergibt sich der Wert der Dämpfungskonstante Π.

Bezeichnet nämlich λ das logarithmische Dekrement und T die Schwingungsdauer des Magnets, so ist

$$\frac{A+\Pi}{2K} = \frac{\lambda}{T}$$

Der Wert von A lässt sich ermitteln, wenn man den Magnet in gleicher Weise wie zuerst, aber in Abwesenheit des

*) Vergl. A. Mousson, die Physik auf Grundlage der Erfahrung. Bd. III, S. 628. (3. Aufl. 1882.)

Dämpfers in Schwingungen versetzt. Sind in diesem Falle λ_1 und T_1 die dem λ und T entsprechenden Werte, so gibt die Bewegungsgleichung

$$\frac{A}{2K} = \frac{\lambda_1}{T_1}$$

Mithin ist $\Pi = 2K \left(\frac{\lambda}{T} - \frac{\lambda_1}{T_1}\right)$.

Drückt man jetzt T in T_1 aus, so wird

$$\Pi = \frac{2K}{T_1} \left(\lambda \sqrt{\frac{\pi^2 + \lambda_1^2}{\pi^2 + \lambda^2}} - \lambda_1\right).$$

Ist das Dekrement der Luftdämpfung λ_1 gegen π sehr klein, so geht diese Formel über in

$$\Pi = \frac{2K}{T_1} \left(\frac{\lambda}{\sqrt{1 + \left(\frac{\lambda}{\pi}\right)^2}} - \lambda_1\right)$$

und beim Uebergang zu Briggs'schen Logarithmen wird

$$\Pi = \frac{2K}{T_1} 2{,}3026 \left(\frac{\lambda}{\sqrt{1 + \left(\frac{2{,}3026\,\lambda}{\pi}\right)^2}} - \lambda_1\right),$$

wofür man noch annähernd

$$\Pi = \frac{2K}{T_1} \cdot 2{,}3026 \left(\lambda - \frac{\lambda^3}{4} - \lambda_1\right)$$

schreiben kann.*)

In vielen Fällen hat auch das Glied $\frac{\lambda^3}{4}$ keinen Einfluss auf das Resultat, so dass dann

$$\Pi = \frac{2K}{T_1} \cdot 2{,}3026 \ (\lambda - \lambda_1) \text{ ist.}$$

Wird eine Genauigkeit von $^1/_{10}$ % beansprucht, so ist in diesem Falle

$$\frac{\lambda^3}{4} = 0{,}001 \ \lambda,$$

also $\lambda = \sqrt{0{,}004} = 0{,}063$, d. h. das Glied $\frac{\lambda^3}{4}$ kann für $\lambda < 0{,}063$ vernachlässigt werden.

---

*) Vergl. F. Kohlrausch, Pogg. Ann. Bd. 142, S. 418.

Bleibt nun alles unverändert, also magnetisches Moment, Torsion und Luftdämpfung und ändert sich nur die Metalldämpfung, heisst ferner das jetzige Dekrement λ' und die Dämpfungskonstante Π', so ist

$$\Pi' = \frac{2K}{T_1} \cdot 2{,}3026\ (\lambda' - \lambda_1),$$

so dass sich verhält

$$\Pi : \Pi' = (\lambda - \lambda_1) : (\lambda' - \lambda_1).$$

Dieses Verhältnis $\Pi : \Pi'$ gewinnt besondere Bedeutung, wenn auch noch angenommen wird, dass das dämpfende Metall weder seine Gestalt, noch seine Stellung gegen den schwingenden Magnet, sondern nur seine stoffliche Beschaffenheit ändert.

Man könnte es in diesem Falle, entsprechend den Ausdrücken „spezifische Leitungsfähigkeit", „spezifischer Widerstand" die spezifische Dämpfungsfähigkeit nennen, wenn Π' die Konstante des Normaldämpfers bezeichnet.

Ob diese Dämpfungsfähigkeit $\Pi : \Pi'$ nur von der Natur des Metalles abhängt, oder ob nicht noch andere Verhältnisse zu berücksichtigen sind, wenn die Beobachtungen etwa mit verschiedenen Magneten angestellt werden, können nur die Versuche entscheiden.

Die weitere Frage ist, wie hängt das Verhältnis $\Pi : \Pi'$ mit der spezifischen Leitungsfähigkeit zusammen.

Bei der Kohlrausch'schen Dämpfungsmethode*) ist die Dämpfungskonstante Π dem Widerstande des umgebenden Drahtes umgekehrt proportional, so dass das Verhältnis der Dämpfungskonstanten zweier Drähte gleich dem umgekehrten Verhältnisse ihrer Widerstände, also gleich dem direkten Verhältnisse ihrer spezifischen Leitungsfähigkeiten ist. Wenn also s und s' die spezifischen Leitungsfähigkeiten zweier solcher Drähte sind, so ist

$$\Pi : \Pi' = s : s'$$

Für körperliche Leiter kann diese einfache Beziehung nicht von vorneherein als gültig angenommen werden, es ist vielmehr zu erwarten, dass s eine kompliziertere Funktion von Π ist, also etwa

$$s = \alpha\ \Pi + \beta\ \Pi^2 + \gamma\ \Pi^3 + \ldots .$$

---

*) Kohlrausch, Praktische Physik, 6. Aufl. 1887, S. 238 und S. 267 (Gleichg. 7).

Für die Edelmann'schen Cylinder wäre demnach eine ähnliche mathematische Behandlung, wie sie F. Himstedt*) für seine Kupferkugel machte, nötig. Nun kommt in der von Himstedt aufgestellten Formel zur Berechnung der spezifischen Leitungsfähigkeit das logarithmische Dekrement ausser in der ersten Potenz im ersten Gliede auch noch in höheren Potenzen in den folgenden Gliedern vor, diese weiteren Glieder konnten aber bei der Ausrechnung ausser acht gelassen werden, so dass also der spezifische Widerstand der Dämpfungskonstanten umgekehrt proportional war.

Hiernach gewinnt es grosse Wahrscheinlichkeit, dass auch im vorliegenden Falle des dämpfenden Cylinders mit einer für die Praxis ausreichenden Genauigkeit die spezifische Leitungsfähigkeit der Dämpfung proportional gesetzt werden kann. ($s = \alpha\ II.$)

Der Beweis dieser Annahme durch Versuche stösst insoferne auf Hindernisse, als einerseits die spezifischen Leitungsfähigkeiten der Metalle nicht absolut feststehende Zahlen sind, sondern noch immer oft nur in weiten Grenzen übereinstimmen, sogar chemisch reinen Zustand vorausgesetzt,**) andererseits das Bestimmen der spezifischen Leitungsfähigkeit von kurzen, dicken Cylindern nach anderen Methoden nicht einfach ist.

III.

Die Anordnung der Versuche.

Figur 1 (nächste Seite) zeigt den Edelmann'schen Apparat.

An dem Coconfadenbündel C hängt das Messingstäbchen A, das oben den Spiegel S, unten den Hufeisenmagnet M und ausserdem zur Vergrösserung des Trägheitsmomentes den 113,6 g schweren Messingklotz B trägt. Die Holzstäbe E tragen die Tischplatte F, auf welche die Metallcylinder Z gestellt werden. Zwei an der Platte F verstellbar angebrachte Gegenlager sorgen dafür, dass die Stellung der Cylinder stets die gleiche ist.

Zum Schutze gegen Luftströmungen befinden sich Coconfaden und Spiegel in einer Glasröhre mit einem Ansatze J, in dem sich ein Fenster befindet. Unten schützt eine Glas-

---

*) Dissertation, Göttingen 1875 und Wiedem. Ann. Band 11, S. 812

**) Vergleiche die Ansichten von A. Oberbeck und J. Bergmann, Wiedem. Ann. Bd. 31, S. 793.

glocke, die durch das in die Platte F eingeschraubte Stäbchen K und die Schraube mit Filzunterlage H gehalten wird.

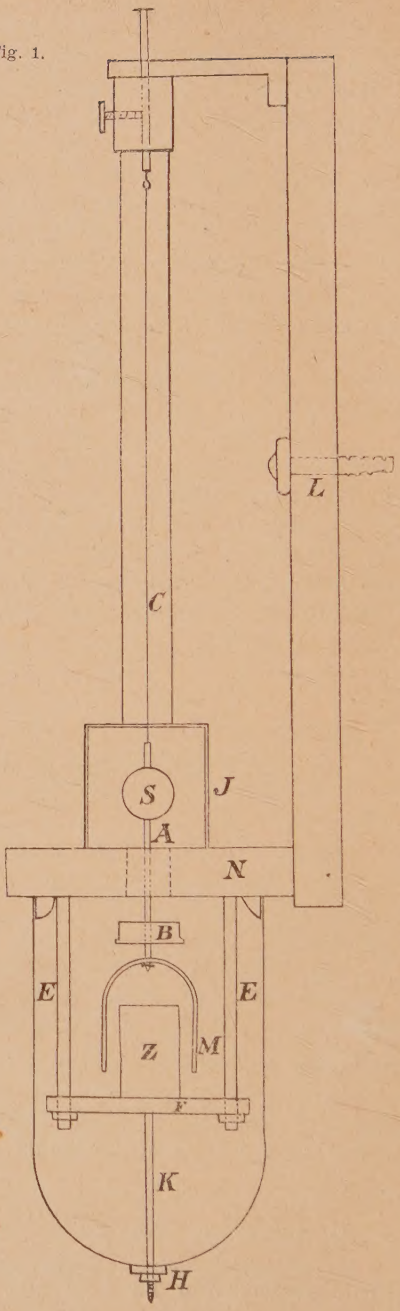
Diese Art der Befestigung der Glasglocke ist für die Versuche nicht günstig gewählt, da durch das Anschrauben eine Erschütterung des Apparates und damit ein Vorrücken der Cylinder unvermeidlich ist.

Ich habe diesem Uebelstande dadurch abgeholfen, dass ich die beiden vorhandenen Lager bis auf die halbe Cylinderhöhe erhöhte und ein drittes mit verschiebbarem Stifte so anbrachte, dass es von den beiden anderen um je 120° entfernt war und ein Festklemmen des Cylinders gestattete.

Durch die Schraube L wird der ganze Apparat an der Wand befestigt.

Erwünschst wäre es auch gewesen, wenn durch die Platte N ein Thermometer in die Glasglocke ragen würde, um die dort herrschende Temperatur ablesen zu können. Ich half mir dadurch, dass ich in der Nähe des Apparates ein Thermometer aufhing.

Fig. 1.



Zum Ablesen der Ausschläge habe ich ein mit einer horizontalen Skala versehenes Fernrohr benützt, das ungefähr 1000 Skalenteile von dem Spiegel des Apparates entfernt war.

Durch eine in der Nähe des Apparates aufgestellte Drahtspule, welche mit einem galvanischen Elemente und einem an dem Stative des Fernrohres angebrachten Stromschlüssel verbunden war, konnte der Magnet zum Schwingen gebracht werden, während man durch das Fernrohr sah.

Die benützten Metallcylinder sind auf das sorgfältigste abgedreht und haben

eine Höhe von 43,7 mm und
einen Durchmesser von 26,5 mm.

Ausserdem hatte ich zwei aus Glas geschliffene Hohlcylinder von 26,5 mm innerer Weite und 1 mm Glasdicke; die Höhe betrug auch 43,7 mm. Den einen davon habe ich auf eine Bodenplatte aus Glas gekittet, um ihn mit Quecksilber füllen zu können. Dabei suchte ich so gut als möglich das Anhaften von Luftblasen an den Wänden zu verhüten und füllte soweit, dass die Quecksilberkuppe über den Cylinder herausragte. Nun schob ich ein Deckgläschen von der Grösse des Glascylinderquerschnittes über den Cylinder, wodurch die Kuppe abgestreift wurde, und klebte es mit einem schmalen Streifen gummierten Papieres am Cylinder fest, wodurch ich einen den übrigen Metallcylindern völlig congruenten Quecksilbercylinder erhielt.

Damit nun bei den übrigen Cylindern die Verhältnisse zwischen schwingendem Magnet und Metall genau die gleichen waren, wie bei dem Quecksilber, habe ich diese stets in den anderen Glascylinder geschoben und auf eine ebenso dicke Bodenplatte gestellt. Auch die Luftdämpfung wurde stets in Anwesenheit des leeren Glascylinders bestimmt.

Bei der Berechnung des logarithmischen Dekrementes verwendete ich fünfstellige Logarithmen und reduzierte die Skalenteile in der von Kohlrausch*) angegebenen Weise auf Bogen.

Nahmen die Bogen langsam ab, so habe ich stets 150 bis 200 Zahlen notiert und 1 mit 101, 6 mit 106 etc. kombiniert; war die Abnahme eine raschere, so nahm ich weniger; konnten bei besserer Dämpfung nur 3 bis 10 Zahlenpaare in Rechnung gezogen werden, so bestimmte ich mehrere Male hinter einander das Dekrement und benützte das arithmetische Mittel derselben.

---

*) Praktische Physik, 6. Auflage, 1887. Seite 167.

Da der schwingende Magnet sein Moment nicht unveränderlich beibehält, wurden die Beobachtungen in der Regel unmittelbar hinter einander in 1 bis 3 Stunden vorgenommen.

Oft habe ich auch den Normalcylinder zu Anfang und am Ende der Versuchsreihe eingestellt, um etwaige Aenderungen des Magnets auszugleichen.

Wegen der wenigen freien Zeit, die mir zum Anstellen der Versuche zu Gebote stand, hat sich die Arbeit etwas in die Länge (Januar bis Ende Oktober 1889) gezogen. Dadurch kam es auch, dass die Versuche bei ziemlich verschiedenen Temperaturen vorgenommen wurden. Da nun die meisten Metalle nahezu denselben Temperaturkoeffizienten (0,4 % per Grad Celsius)*) haben, so ist beim Vergleichen solcher Metalle die Temperaturänderung nicht von wesentlichem Einflusse; anders ist es beim Quecksilber, dessen Temperaturkoeffizient 0,09 % beträgt.

Als Normalcylinder habe ich den aus Zinn (7,38)**) gewählt. Ausserdem hatte ich je einen Cylinder aus Kupfer (9,01), Zink (7,21), Cadmium (8,73), Blei (11,46), Antimon (6,73) und Wismut (9,91), alle aus möglichst eisenfreiem und reinem Metalle hergestellt, so gut es eben käuflich zu haben ist.

Die Reinheit des Kupfercylinders hat sich allerdings nicht bewährt, weshalb später ein neuer (9,00) angefertigt wurde. Beide sind in dieser Abhandlung durch die Beisätze „alt“ und „neu“ unterschieden. Gleichzeitig kam auch noch ein Aluminium-Cylinder (2,72) dazu.

Als schwingende Magnete verwendete ich drei durch Gewicht und Querschnitt verschiedene Exemplare, alle in der Edelmann'schen Werkstätte hergestellt.

IV.

Versuchsresultate.

1. Magnet.

Querschnitt der Schenkel: kreisförmig.
Durchmesser des Querschnitts: 4,15 mm.

---

*) Kohlrausch, prakt. Physik. 6. Aufl. 1887. S. 354.

**) Specifisches Gewicht; berechnet aus absolutem Gewichte und Volumen. $s = \frac{4}{26{,}5^2 \cdot \pi \cdot 43{,}7} \cdot p$

Ganze Höhe: 53,5 mm.
Innere Weite: 35,4 mm.
Beiderseitiger Spielraum zwischen Magnet und Metallcylinder: 4,45 mm.
Beiderseitiger Spielraum zwischen Magnet und Glascylinder: 3,45 mm.
Gewicht des Magnets: 12,78 g.

Die folgende Tabelle 1 enthält die ersten Versuchsresultate; die Beobachtungen wurden an mehreren Tagen im Monate Januar gemacht.

Tabelle 1.

Metall	λ	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$II : II'$
Kupfer (alt) .	0,006 124	0,000 884	0,005 240	2,138
Zink	0,005 197	„	0,004 313	1,760
Zinn	0,003 335	„	0,002 451	1
Blei	0,002 262	„	0,001 378	0,562
Wismut	0,001 035	„	0,000 151	0,0616

Auffallend gering ist die Dämpfungsfähigkeit von Kupfer (alt), kaum zwei Mal besser als von Zinn; dagegen entsprechen die für Zink und Blei gefundenen Zahlen den Leitungsfähigkeiten dieser Metalle. Bei dem geringen Unterschiede des Dekrementes von Luft und Wismut muss die das letztere charakterisierende Zahl als unsicher erscheinen.

Die in der Zeit vom 1. bis 8. Februar bei einer zwischen $10{,}3^0 - 14{,}8^0$ variierenden Zimmertemperatur angestellten Versuche lieferten

Tabelle 2.

Metall	λ	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$II : II'$
Kupfer (alt) .	0,005 784	0,000 867	0,004 917	2,013
Zink	0,005 127	„	0,004 260	1,744
Cadmium . . .	0,004 684	„	0,003 817	1,563
Zinn	0,003 310	„	0,002 443	1
Blei	0,002 254	„	0,001 387	0,568
Antimon . . .	0,001 443	„	0,000 576	0,236
Quecksilber . .	0,001 165	„	0,000 298	0,1214
Wismut	0,000 992	„	0,000 125	0,0514

Am 11. September benützte ich diesen Magnet nochmals für sämtliche Cylinder, nachdem ich ihn neuerdings mit einem starken Elektromagnete magnetisiert hatte. Temperatur 16° C. Dauer der Versuche von 8—11 Uhr vormittags.

Die Resultate zeigt Tabelle 3.

Tabelle 3.

Metall	λ	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$H : H'$
Kupfer (neu)	0,020873	0,000857	0,020016	6,683
Aluminium . .	0,009730	„	0,008873	2,963
Kupfer (alt) .	0,007253	„	0,006396	2,136
Zink	0,006105	„	0,005248	1,752
Cadmium . . .	0,005547	„	0,004690	1,566
Zinn	0,003852	„	0,002995	1
Blei	0,002460	„	0,001603	0,535
Antimon . . .	0,001529	„	0,000672	0,224
Quecksilber .	0,001180	„	0,000323	0,108
Wismut. . . .	0,000967	„	0,000110	0,0367

Dass die geringe Dämpfungsfähigkeit des Kupfers (alt) nicht von der Methode, sondern von dem Kupfer herrührt, zeigt die für Kupfer (neu) gefundene Zahl 6,68.

2. Magnet.

Sein Querschnitt ist ein von zwei parallelen Seiten und zwei konzentrischen Kreisbogen begrenztes Viereck.

Abstand der Parallelen: 9 mm.

Abstand der Kreisbogen: 8,75 mm.

Ganze Höhe 55 mm.

Innere Weite 33,4 mm.

Beiderseitiger Spielraum zwischen Magnet und Metall: 3,45 mm.

Beiderseitiger Spielraum zwischen Magnet und Glascylinder: 2,45 mm.

Gewicht des Magnets: 74,02 g.

Die Beobachtungen mit diesem Magnete wurden am 18. September vormittags bei 10,7° C angestellt. Derselbe hatte die gleiche Schwingungsdauer, wie der 1. Magnet, trotzdem letzterer ca. 6mal leichter ist.

Dagegen beträgt die Luftdämpfung bei Nr. 2 bedeutend weniger (etwa um $\frac{1}{3}$ weniger) und die der Metalle mehr als das Doppelte, wie bei den Versuchen mit Magnet 1.

Tabelle 4.

Metall	λ	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$H : H'$
Kupfer (neu) .	0,051 374	0,000 543	0,050 831	6,733
Aluminium . .	0,022 475	„	0,021 932	2,905
Kupfer (alt) .	0,016 348	„	0,015 805	2,094
Zink	0,013 851	„	0,013 308	1,763
Cadmium . . .	0,012 449	„	0,011 906	1,577
Zinn	0,008 092	„	0,007 549	1
Quecksilber . .	0,001 430	„	0,000 887	0,1175

3. Magnet.

Sein Querschnitt ist ebenfalls ein von zwei parallelen Seiten und zwei konzentrischen flachen Kreisbogen begrenztes Viereck.

Abstand der Parallelen: 8,8 mm.
Abstand der Kreisbogen: 3,2 mm
Ganze Höhe: 53 mm.
Innere Weite: 30,4 mm.
Beiderseitiger Spielraum zwischen Magnet und Metall: 1,95 mm.
Beiderseitiger Spielraum zwischen Magnet und Glascylinder: 0,95 mm.
Gewicht des Magnets: 25,15 g.

Dieser Magnet hat sich unter allen dreien als der geeignetste erwiesen. Seine Schwingungsdauer ist ungefähr die gleiche, wie die der beiden anderen (eben noch bequem zum Notieren der Zahlen, etwa 7 Sekunden). Die Luftdämpfung ist grösser als die des zweiten, kleiner als die des ersten und beträgt 0,0006 (beim ersten 0,00087, beim zweiten 0,00054), dagegen ist die der Metalle mehr als 6 mal besser als beim ersten und über 2 mal besser als beim zweiten Magneten.

Tabelle 5 gibt die Resultate der Beobachtungen am 16. März, nachmittags $2\frac{1}{4}$ bis $4\frac{3}{4}$ Uhr. Zimmertemperatur: 15,5° C

Tabelle 5.

Metall	λ	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$H : H'$
Zink	0,027 373	0,000 636	0,026 737	1,755
Cadmium . . .	0,024 613	„	0,023 977	1,574
Zinn	0,015 867	„	0,015 231	1,
Blei	0,009 103	„	0,008 467	0,556
Antimon . . .	0,004 309	„	0,003 673	0,241
Quecksilber . .	0,002 481	„	0,001 845	0,1211
Wismut	0,001 319	„	0,000 683	0,0448

Tabelle 6.

Vom 19. März. 2¼ bis 5¼ Uhr nachm. — Zimmertemperatur: 16° C.

Metall	λ	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$\Pi : \Pi'$
Zink	0,027 157	0,000 610	0,026 547	1,758
Cadmium . . .	0,024 579	„	0,023 969	1,587
Zinn	0,015 712	„	0,015 102	1
Blei	0,009 006	„	0,008 396	0,556
Antimon . . .	0,004 309	„	0,003 699	0,249
Quecksilber . .	0,002 427	„	0,001 817	0,120 3
Wismut	0,001 343	„	0,000 733	0,048 5

Um nun alle durch das Auswechseln der Cylinder und durch magnetische Schwankungen während einer Versuchsreihe entstehenden Fehler auszugleichen, habe ich denselben Cylinder wiederholt eingestellt und die folgenden Tabellen mit besonderer Sorgfalt bearbeitet.

Tabelle 7.

21. Mai 17,5° C.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$\Pi : \Pi'$
Kupfer (neu) .	0,120 681 0,121 387 0,121 552 0,120 996 0,120 928	0,121 109 reduziert: 0,120 665	0,000 625	0,120 040	6,643
Zink	0,032 515 0,032 612 0,032 448	0,032 525	„	0,031 900	1,765
Zinn	0,018 677 0,018 657 0,018 753	0,018 696	„	0,018 071	1

Tabelle 8.
22. Mai. 19.5° C.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$\Pi : \Pi'$
Aluminium . .	0.050 711 0,050 744	0,050 728 reduziert: 0,050 695	0,000 625	0,050 070	2,801
Zink	0,032 168 0,032 054 0,032 008	0,032 077	„	0,031 452	1,759
Cadmium . . .	0,028 680 0,028 500	0,028 590	„	0,027 965	1,564
Zinn	0,018 514 0,018 491	0,018 503	„	0,017 878	1

Tabelle 9.
Vom 23. Mai. 20° C.

Metall	λ	λ Metall	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$\Pi : \Pi'$
Kupfer (alt)	0,038 842 0,038 920	0,038 881	0,000 625	0,038 256	2,139
Zinn	0,018 515 0,018 509	0,018 512	„	0,017 887	1
Blei	0,010 563 0,010 406	0,010 485	„	0,009 860	0,5514
Antimon . .	0,004 775 0,004 788	0,004 782	„	0,004 157	0,2324
Quecksilber	0,002 826	0,002 826	„	0,002 201	0,12305
Wismut . . .	0,001 426 0,001 366	0,001 396	„	0,000 771	0,0431

Tabelle 10.
Vom 29. Mai. 19° C.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$H : H'$
Kupfer (neu)	0,119 791 0,119 872 0,119 503 0,119 707	0,119 718 reduziert: 0,119 259	0,000 625	0,118 634	6,62
Aluminium . .	0,050 960 0,050 968 0,050 974 0,050 832 0,050 915	0,050 950 reduziert: 0,050 893	„	0,050 268	2,805
Zink	0,032 309 0,032 342 0,032 136 0,032 094	0,032 220	„	0,031 595	1,763
Kupfer (alt) .	0,039 259 0,039 148 0,039 002 0,039 127	0,039 134	„	0,038 509	2,149
Cadmium . . .	0,028 702 0,028 732 0,028 762 0,028 686	0,028 721	„	0,028 096	1,568
Zinn	0,018 566 0,018 546 0,018 582 0,018 488	0,018 546	„	0,017 921	1

Ich stelle nun die in allen bisherigen Tabellen enthaltenen Werte des Verhältnisses $H : H'$ in der nächsten Tabelle 11 zusammen. Aluminium tritt in derselben doppelt auf, weil es zwischen Tabelle 3 und 4 und den früher gefundenen 8 und 10 eine Erwärmung mit nachfolgender langsamer Abkühlung durchmachte und dadurch eine Aenderung erlitt.

Tabelle 11.

Metall	1. Magnet			2 Magnet	3. Magnet						Mittel aus allen	Mittel aus Tabelle 7, 8, 9, 10
	Tab. 1 Januar	Tab. 2 1.-8.Fbr	Tab. 3 11. Sept.	Tab. 4 18. Sept.	Tab. 5 16. März	Tab. 6 19. März	Tab. 7 21. Mai	Tab 8 22. Mai	Tab. 9 23. Mai	Tab. 10 29. Mai		
Kupfer (neu)	—	—	6,683	6,733	—	—	6,643	—	—	6,62	6,669	6,631
Aluminium I.	—	—	—	—	—	—	—	2,801	—	2,805	2,803	2,803
„ II	—	—	2,963	2,905	—	—	—	—	—	—	2,934	—
Kupfer (alt)	2,138	2,013	2,136	2,094	—	—	—	—	2,139	2,149	2,112	2,144
Zink	1,760	1,744	1,752	1,763	1,755	1,758	1,765	1,759	—	1,763	1,760	1,762
Cadmium	—	1,563	1,566	1,577	1,574	1,587	—	1,564	—	1,568	1,571	1,566
Zinn	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Blei	0,562	0,568	0,535	—	0,556	0,556	—	—	0,5514	—	0,555	0,5514
Antimon	—	0,236	0,224	—	0,241	0,249	—	—	0,2324	—	0,237	0,2324
Quecksilber	—	0,1214	0,108	0,1175	0,1211	0,1203	—	—	0,12305	—	0,1186	0,12305
Wismut	0,0616	0,0514	0,0367	—	0,0448	0,0485	—	—	0,0431	—	0,0477	0,0431

Bei dem Lesen der Tabelle 11 ist zunächst zu berücksichtigen, dass die den einzelnen Tabellen entnommenen Zahlen nicht alle gleichwertig sind, denn erst die durch die Mehrung der Versuche erreichte Vertrautheit mit dem Apparate liefert glaubwürdigere Zahlen; deshalb findet sich neben dem „Mittel aus allen“ das „Mittel aus den vier letzten Tabellen“.

Aus dem „Mittel aus allen“ glaube ich dessenungeachtet Folgendes schliessen zu dürfen:

I. Die Verhältnisse der Dämpfungskonstanten sind von dem verwendeten Hufeisenmagnete unabhängig.

Denn es ist:

	Tab. 3	Tab. 4.	Tab. 5.
Das Gewicht des Magnets .	12,78 g	74,02 g	25,15 g
Beiderseitiger Spielraum zwischen Magnet und Metall	4,45 mm	3,45 mm	1,95 mm
$II : II'$ für Zink	1,752	1,763	1,755
$II : II'$ für Cadmium . . .	1,566	1,577	1,574

II. Jedes Metall hat eine spezifische Dämpfungsfähigkeit,

d. h. die für die einzelnen Cylinder gefundenen Zahlen sind wesentlich von einander verschieden.

III. Der wahrscheinliche Fehler einer Bestimmung ist bei Berücksichtigung aller für mehrere Metalle weniger als $\frac{1}{2}$ % und nur bei Wismut über 3 %.

Denn er beträgt für Kupfer (neu) 0,4 %

Aluminium I .	0,06 %	Aluminium II .	1 %
Kupfer (alt) .	1,6 %	Zink	0,27 %
Cadmium . .	0,3 %	Blei	3,0 %
Antimon . .	2,7 %	Wismut . . .	12, %

Quecksilber kann wegen seines von den übrigen wesentlich verschiedenen Temperaturkoeffizienten nicht unmittelbar mit den anderen verglichen werden (Vgl. Kap. V).

IV. Die gefundenen Dämpfungsfähigkeiten liegen in der Nähe der Leitungsfähigkeiten.

Da die für Zinn von mehreren Forschern veröffentlichten Zahlen bedeutend von einander differieren, kann ich meine Zahlen nicht unmittelbar mit den von anderen gefundenen vergleichen. Deshalb beziehe ich meine Zahlen auf das in Tabelle 11 für Quecksilber gefundene Mittel 0,1186, ohne auf Temperaturunterschiede Rücksicht zu nehmen. Die Zahlen der folgenden Tabelle 12 werden daher später noch eine kleine Aenderung erleiden.

Ausserdem füge ich die von Oberbeck und Bergmann*) veröffentlichte Tabelle bei.

*) Wiedem. Ann., Bd. 31. S. 810.

Tabelle 12.

Metall	Mittel aus allen nach Tabelle 11	Dämpfungsfähigkeit der Metall-Cylinder	Leitungsfähigkeit bei 0°			
			A. Matthiessen M. v. Bose	Bénoit	H. F. Weber *)	A. Oberbeck J. Bergmann
Kupfer (neu)	6,669	56,22	60,36	55,86	—	54,87
Kupfer (alt)	2,112	17,81	—	—	—	—
Aluminium I	2,803	23,63	—	30,86	—	30,17
Zink	1;760	14,84	17,52	16,92 16,10	16,65	15,93
Cadmium	1,571	13,26	14,32	13,96	13,95	13,77
Zinn	1	8,43	7,56	8,237	9,876	9,045
Blei	0,555	4,68	5,02	4,819	5,111	4,688
Antimon	0,237	1,998	2,79	—	—	2,459
Quecksilber	0,1186	1	1	1	1	1
Wismut	0,0477	0,402	0,75	—	0,8004	0,8205

Meine Zahlen für Kupfer (neu), Zink, Cadmium, Zinn und Blei bewegen sich in den durch die übrigen markierten Grenzen. Die Dämpfungsfähigkeit für Aluminium ist noch bedeutend grösser geworden, wie ich später zeigen werde.

Kupfer (alt) ist Kupfer, wie es vor einigen Jahren einige Zeit überhaupt nicht besser zu haben war, wie Herr Dr. Edelmann erklärte.

Bei Wismut drückt die geringste Verunreinigung die Leitungsfähigkeit bedeutend herab**), die erhaltenen Zahlen sind also nicht unwahrscheinlich.

Trotz dieser Ausnahmen glaube ich die Uebereinstimmung von Dämpfungsfähigkeit und Leitungsfähigkeit folgern zu können.

Das Verhältnis $\Pi : \Pi'$ ist also identisch mit $s : s'$, wenn s und s' die Leitungsfähigkeiten zweier Metalle sind.

V.

Reduktion auf 0°.

Ist s_0 die spezifische Leitungsfähigkeit von Quecksilber bei 0° und s diejenige bei t°, sind ferner s'_0 und s' die ent-

*) H. F. Weber bestimmte die Leitungsfähigkeit von Metall ringen nach der Dämpfungsmethode. Berlin. Monatsber. 1880. S. 476

**) Vergleiche: Ph. Lenard, Wiedem. Ann., Bd. 39. S. 636. 1890.

sprechenden Werte für Zinn, so gilt (nach Seite 10) für Quecksilber:

$$s = s_0 (1 - 0{,}0009\ t)$$

und für Zinn:

$$s' = s'_0 (1 - 0{,}004\ t);$$

also ist

$$\frac{s}{s'} = \frac{s_0}{s'_0} \cdot \frac{1 - 0{,}0009\ t}{1 - 0{,}004\ t},$$

woraus

$$\frac{s_0}{s'_0} = \frac{s}{s'} \cdot \frac{1 - 0{,}004\ t}{1 - 0{,}0009\ t}$$

sich ergibt.

Nun ist aber nach meiner Annahme

$$\frac{s}{s'} = \frac{\Pi}{\Pi'},$$

folglich

$$\frac{s_0}{s'_0} = \frac{\Pi}{\Pi'} \cdot \frac{1 - 0{,}004\ t}{1 - 0{,}0009\ t}$$

Multipliciert man also das für Quecksilber bei irgend einer Temperatur gefundene Verhältniss $\Pi : \Pi'$ mit dem entsprechenden Werte von

$$\frac{1 - 0{,}004\ t}{1 - 0{,}0009\ t},$$

so ergibt sich $\frac{s_0}{s'_0}$, d. h. der Wert von $\Pi : \Pi'$ bei 0° C.

Ausser den in den vorausgehenden Tabellen verzeichneten Werten von $\Pi : \Pi'$ für Quecksilber habe ich noch dreimal dieses Verhältnis bestimmt

Tabelle 13.

Am 1. April. Bei 15° C.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$\Pi : \Pi'$
Zinn	0,019 290 0,019 329	0,019 310	0,000 599	0,018 711	1
Quecksilber .	0,002 848	0,002 848	„	0,002 249	0,1202

Tabelle 14.
Am 26. Mai. 20° C.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$\Pi : \Pi'$
Zinn	0,018 326 0,018 350 0,018 358	0,018 345	0,000 625	0,017 720	1
Quecksilber .	0,002 808 0,002 798	0,002 803	„	0,002 178	0,12291

Tabelle 15.
Am 24. September. 12° C.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$\Pi : \Pi'$
Zinn	0,018 9705 0,018 9542	0,018 962	0,000 594	0,018 368	1
Quecksilber .	0,006 804	0,002 804	„	0,002 210	0,1203

In der bereits angegebenen Weise reduziert, ergibt sich bei 0° für $\Pi : \Pi'$ Folgendes:

Tabelle 16.

	Nro. der Tabelle	Temperatur	$\Pi : \Pi'$ bei dieser Temperatur	Reduktionsfactor	$\Pi : \Pi'$ bei 0° C.
Quecksilber . . .	5	15,5°	0,1211	0,9513	0,1152
„	6	16°	0,1203	0,9497	0,1142
„	9	20°	0,12305	0,9369	0,1153
„	13	15°	0,1202	0,9529	0,1145
„	14	20°	0,12291	0,9369	0,1152
„	15	12°	0,1203	0,9602	0,1155

Mittelwert: 0,6899 : 6 = 0,1150.

Demnach beträgt der wahrscheinliche Fehler einer Bestimmung $\frac{1}{3}$ % und der des Resultates 0,12 %.

Die spezifische Leitungsfähigkeit von Zinn ist also bei 0° auf Quecksilber bezogen: $\frac{1}{0{,}115} = 8{,}696$.

Bei der endgültigen Berechnung der Leitungsfähigkeiten meiner Metallcylinder lege ich nun nicht, wie bei Tabelle 12, das „Mittel aus allen" Zahlen zu grunde, sondern das Mittel aus den letzten 4 (d. h. aus Tabelle 7, 8, 9 und 10), weil ich dieses für wahrscheinlicher halte. Der Unterschied beträgt übrigens nur bei Kupfer (alt), Antimon und Wismut mehr als $\frac{1}{2}$ %.

Demnach ist die Leitungsfähigkeit meiner Cylinder, bezogen auf Quecksilber von 0°:

Kupfer (neu) . .	57,65
Kupfer (alt) . .	18,64
Aluminium I . .	24,37
Zink	15,32
Cadmium . . .	13,62
Zinn	8,70
Blei	4,80
Antimon . . .	2,02
Wismut . . .	0,37

VI.

Aenderung der Leitungsfähigkeit.

Die verhältnismässig niedere Leitungsfähigkeit meines Aluminiums veranlasste mich, Versuche anzustellen, ob sich dieselbe nicht erhöhen lasse. Es ist ja bekannt, dass Metalle, die einige Zeit einer höheren Temperatur ausgesetzt werden und dann langsam abkühlen, nach dieser Procedur besser leiten.*)

Ich stellte also den Aluminiumcylinder in einen dreiwandigen Blechkasten auf eine Thonplatte und eine Lage Asbestwolle, erwärmte auf 120° und liess diese Temperatur etwa

*) Neuere Untersuchungen: J. Bergmann, Wiedem. Ann. Bd. 36. S. 783.

eine Stunde anhalten. Tags darauf nahm ich ihn aus dem Kasten. Das Resultat der Messung zeigt Tabelle 17 vom 6. Juli.

Tabelle 17.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$\Pi : \Pi'$
Aluminium . .	0,052 304 0,052 350	0,052 327 Reduziert: 0,052 289	0,000 625	0,051 664	2,847
Zinn	0,018 825 0,018 785	0,018 805	„	0,018 180	1

Auf Quecksilber von 0° reduziert:
24,74; früher 24,37.
Steigerung: 24,74 — 24,37 = 0,37, d. h. 1,5%.

In demselben Kasten und in der nämlichen Weise erwärmt bis auf 180°, lieferte wieder eine Besserung.

Tabelle 18.
Vom 7. Juli.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$\Pi : \Pi'$
Aluminium .	0,052 508 0,052 414 0,052 502	0,052 475 Reduziert: 0,052 436	0,000 625	0,051 811	2,939
Zinn	0,018 2712 0,018 2385	0,018 255	„	0,017 630	1

Auf Quecksilber von 0° reduziert:
25,56; vorher 24,74.
Steigerung: 25,56 — 24,74 = 0,28, d. h. 3,3 %.

Bei dieser Leitungsfähigkeit fanden auch die Versuche 3 und 4 statt, welche als Mittel (s. Tabelle 11) 2,934, beziehungsweise 25,51 ergaben.

Da ich mit dem dreiwandigen Kasten keine höhere Temperatur als 180° erreichen konnte, setzte ich die Erwärmungen

mit einem einwandigen fort. Durch eine geeignete Vorrichtung mit Thonstücken war die Asbestschichte etwa 3 cm über dem Boden des Kastens. Zu dem Aluminiumcylinder stellte ich auch die beiden Kupfercylinder in den Kasten. Endtemperatur: 220°.

Tabelle 19.

Vom 6. Oktober.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$\Pi : \Pi'$
Kupfer (neu) .	0,121 702 0,121 279 0,121 562 0,121 168 0,121 715 0,121 557	0,121 497 Reduziert: 0,121 049	0,000 583	0,120 466	6,643
Aluminium . .	0,055 142 0,055 184 0,055 158 0,055 156	0,055 160 Reduziert: 0,055 115	„	0,054 532	3,007
Kupfer (alt) .	0,039 144 0,039 129 0,039 005 0,039 030	0,039 077	„	0,038 494	2,123
Zinn	0,018 767 0,018 685 0,018 704	0,018 719	„	0,018 136	1

Auf Quecksilber von 0° reduziert:

Kupfer (neu):	57,85,	früher	57,65
„ (alt:)	18,46,	„	18,64
Aluminium:	26,15,	„	25,56

Mit Rücksicht auf die Bemerkungen über den wahrscheinlichen Fehler (Seite 30) kann bei Kupfer (neu und alt) keine nennenswerte Veränderung konstatiert werden; Aluminium dagegen stieg um 2,3 %.

Ich füge noch drei weitere Versuche mit Aluminium bei.

Erwärmt auf 240°.

Tabelle 20.
Vom 16. Oktober.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$II : II'$
Aluminium .	0,054 650 0,054 543	0,054 543 Reduziert: 0,054 502	0,000 577	0,053 925	3,109
Zinn	0,017 8768 0,017 9664	0,017 922	„	0,017 345	1

Reduziert auf Quecksilber von 0°: 27,03, vorher 26,15.
Erwärmt auf 270°.

Tabelle 21.
Vom 23. Oktober.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$II : II'$
Aluminium .	0,054 453 0,054 542	0,054 498 Reduziert: 0,054 458	0,000 572	0,053 886	3,067
Zinn	0,018 1398 0,018 1406	0,018 140	„	0,017 568	1

Reduziert auf Quecksilber von 0°: 26,67; vorher 27,03.
Nochmals erwärmt auf 270° und allmähliches Kleinermachen der Flamme, um das Abkühlen zu verlangsamen:

Tabelle 22.
Vom 26. Oktober.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$II : II'$
Aluminium .	0,054 280 0,054 215 0,054 249	0,054 248 Reduziert: 0,054 208	0,000 574	0,053 637	3,009
Zinn	0,018 3853 0,018 4185	0,018 402	„	0,017 828	1

Reduziert auf Quecksilber von 0°: 26,17; vorher 26,67.

Demnach war bei 240° das Maximum der Leitungsfähigkeit mit 27,03 erreicht. Die folgenden Erwärmungen bewirkten wieder einen Rückgang bis 26,17.

Die totale Steigerung beträgt:

$$27{,}03 - 24{,}37 = 2{,}66, \text{ d. h. } 11\,\%.$$

Auch die Cylinder von geringerer Schmelztemperatur, als Kupfer und Aluminium, liess ich in dem dreiwandigen Kasten eine Erwärmung von 130° durchmachen. Die am andern Tage angestellten Beobachtungen sind in der folgenden Tabelle niedergelegt.

Tabelle 23.
Vom 16. Oktober.

Metall	λ	λ Mittel	λ_1	$\lambda - \lambda_1$	$H : H'$
Zink	0,031 519 0,031 437	0,031 478	0,000 577	0,030 901	1,782
Cadmium . .	0,028 109 0,028 092	0,028 101	„	0,027 524	1,587
Zinn	0,017 9664 0,017 8768	0,017 922	„	0,017 345	1
Blei	—	0,010 318	„	0,009 741	0,562
Antimon . .	—	0,004 797	„	0,004 220	0,243
Wismut . . .	—	0,001 416	„	0,000 839	0,0484

Auf Quecksilber von 0° reduziert: Zink 15,5; Cadmium 13,8; Blei 4,9; Antimon 2,11 und Wismut 0,42.

Der Normalcylinder Zinn wurde nicht erwärmt.

Die Leitungsfähigkeit hat sich verbessert bei Zink um 1,2 %; Cadmium 1,3 %; Blei 2,3 %; Antimon 4,4 %; Wismut 13 %. Es ist aber zu berücksichtigen, dass bei Blei der wahrscheinliche Fehler einer Bestimmung (Seite 18) 3 %, bei Antimon 2,7 % und bei Wismut 12 % betragen kann.

Folglich beträgt die Zunahme bei den Cylindern der Tabelle 23 (ausser Zinn) mindestens 1 %.

Es sei hier noch ein Versuch erwähnt, der zwar wegen der weniger zahlreichen Messungen mit den vorausgehenden nicht dieselbe Genauigkeit beanspruchen kann, aber doch nicht ohne Interesse ist.

Aus den beim Drehen des Aluminiumcylinders abfallenden Spähnen wurde nämlich ein Konus gegossen und dieser zu einem 0,49 mm dicken und etwa 4 m langem Drahte unter wiederholtem Erwärmen mit einer Gasflamme ausgezogen, der aber in der Mitte entzwei riss. Ich bestimmte nun nach der Methode der Wheatstone'schen Brücke unter Anwendung eines Spiegelgalvanometers den Widerstand dieses Drahtes bei 20° C.

	Länge	Widerstand	Berechnete Leitungsfähigkeit
Erste Hälfte:	1,988 m	0,38 185 S. E.	27,61
	1,975 „	0,38 053 „	27,52
Zweite Hälfte:	1,975 „	0,37 706 „	27,76
		Mittel:	27,63

Reduziert auf 0°: 30,0.

Diese Verschiedenheit der Leitungsfähigkeit von Aluminium-Cylinder (27) und Draht (30) ist zwar auffallend, lässt aber mit Rücksicht auf die bekannte Abhängigkeit der Leitungsfähigkeit vom mechanischen Zustande und auf die Wandlungen, die das Aluminium durchmachte, bis es die Drahtform hatte, doch keinen Schluss auf die Brauchbarkeit der in dieser Abhandlung studierten Methode zu.

VII.

Schluss.

Aus dem Bisherigen glaube ich nun folgern zu dürfen, dass die behandelte Methode wegen der Uebereinstimmung der aufgestellten Zahlen unter einander sowohl, als auch mit denen von anderen Forschern veröffentlichten für die Bestimmung der spezifischen Leitungsfähigkeit von Metallen in Cylinderform mit einer für die Praxis ausreichenden Genauigkeit sich eignet.

Wie bereits erwähnt wurde, hat die Gestalt des Magnets keinen Einfluss auf die Resultate, dagegen ist unbedingt erforderlich, dass die Cylinder in ihren Dimensionen auf das genaueste übereinstimmen und genau die nämliche Stellung gegen den Magnet beibehalten.

Eine Abweichung im Durchmesser vom Normalcylinder macht selbstverständlich bezüglich des logarithmischen Dekrementes viel mehr aus, als eine solche in der Höhe. Ich habe auch darüber Versuche angestellt.

Aus dem schlechtleitenden Kupfer (alt) hatte ich drei gleich hohe, aber verschieden dicke Cylinder. Die nacheinander angestellten Versuche ergaben:

Tabelle 24.
Vom 5. Juni.

Durchmesser in mm	Höhe mm	Dekrement	Differenz gegen den Normal-Cylinder	Differenz in %
26,5 (normal)	43,7	0,038 655	—	—
26	„	0,034 963	— 0,003 692	— 9,6
27	„	0,042 425	+ 0,003 780	+ 9,75

Demnach ändert ein Mehr oder Weniger von 0 5 mm des Durchmessers, also eine Aenderung des beiderseitigen Spielraums um 0,25 mm, das Dekrement um ungefähr 10 %.

Den Einfluss der Höhenänderung habe ich mit dem mit Quecksilber gefüllten Glascylinder untersucht.

Tabelle 25.
Vom 23. Oktober.

Höhe des Hg in mm	Durchmesser mm	Dekrement	Differenz gegen den Normal-Cylinder	Differenz in %
43,7 (normal)	26,5	0,002 700*)	—	—
39	„	0,002 517	0,000 183	— 6,8
35	„	0,002 347	0,000 359	— 13,3

Die grosse Höhendifferenz von 8,7 mm bewirkt hier die verhältnissmässig kleine Minderung des Dekrements um 13 %, die Differenz von 4,7 mm noch die Hälfte (7 %).

*) Es war damals λ für Zinn 0,018 140, λ_1 für Luft 0,000 572, also für Quecksilber $\frac{II}{II'} = \frac{0{,}002\,700 - 0{,}000\,572}{0{,}018\,140 - 0{,}000\,572} = \frac{2128}{17568} = 0{,}1211$ bei 15° und auf 0° reduziert 0,1154, ein Wert, der mit dem Mittel (Seite 21) 0,1150 auf $^1/_3$ % übereinstimmt.

München, am 27. Oktober 1889.